Journal of Agroecology
Vol. 13, No.2, Summer 2021, p. 195-210

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۳، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰، ص ۲۱۰-۱۹۵

مقاله علمی - پژوهشی

تحلیل شاخص‌های اقتصادی و انرژی در روش‌های مختلف خاک‌ورزی حفاظتی درکشت گندم (مطالعه موردی: کشت و صنعت دشت ناز ساری)

محمد شریفی[1*]، شمسی سودمندمقدم[2]، مهدی ایزدی[2] و روزبه عباس‌زاده[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۰۳

شریفی، م.، سودمندمقدم، ش.، ایزدی، م. و عباس‌زاده، ر.، ۱۴۰۰. تحلیل شاخص‌های اقتصادی و انرژی در روش‌های مختلف خاک‌ورزی حفاظتی درکشت گندم (مطالعه موردی: کشت و صنعت دشت ناز ساری). بوم‌شناسی کشاورزی ۱۳(۲): ۲۱۰-۱۹۵.

چکیده

خاک‌ورزی حفاظتی یکی از راهکارهای مدیریتی مهم برای حفاظت از منابع آب و خاک است. در این پژوهش، وضعیت انرژی مصرفی و بازدهی اقتصادی سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی در شرایط بومی کشت و صنعت دشت ناز ساری برای محصول گندم (*Triticum aestivum* L.) رقم میلان، در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار و سه تکرار بررسی شد. همچنین میزان عملکرد دانه گندم نیز اندازه‌گیری و تعیین گردید. سامانه‌های خاک‌ورزی شامل خاک‌ورزی مرسوم (CT)، بی‌خاک‌ورزی و بدون بقایا (NT)، کم‌خاک‌ورزی با استفاده از کمبینات (MTCO)، کم‌خاک‌ورزی با کارنده بدون خاک‌ورزی (MTNT)، بی‌خاک‌ورزی و با بقایا (NTR) بود. نتایج آزمایش نشان داد سامانه MTCO و CT به‌ترتیب با متوسط ۶۸۱۲/۵ و ۴۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین و کمترین عملکرد دانه را در بین تیمارها به خود اختصاص دادند. همچنین سامانه MTCO با مقادیر ۴/۵۸ نسبت انرژی، ۰/۲۹ کیلوگرم بر مگاژول بهره‌وری انرژی و همچنین با ۳/۴۲ مگاژول بر کیلوگرم شدت انرژی بهترین سامانه برای کشت گندم از نظر شاخص‌های انرژی گزارش شد. سامانه NTR در مجموع، کم مصرف‌ترین سامانه از لحاظ انرژی بود، امّا دارای عملکرد پایین دانه گندم ۵۰۲۵ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. در بخش شاخص‌های اقتصادی با وجود هزینه تولید کمتر برای سامانه NTR، سامانه MTCO با ۲۶ درصد عملکرد و بهای فروش بالاتر و ۲۵/۵ درصد بهای تمام شده کمتر و همچنین ۳۵/۲ درصد سود ناخالص بیشتر نسبت به سامانه NTR، برتری داشت. به‌طور کلی، سامانه MTCO با برتری در شاخص‌های انرژی و اقتصادی، به‌عنوان گزینه بهینه برای خاک‌ورزی و کاشت گندم در شرایط بومی کشت و صنعت دشت ناز ساری معرفی شد.

واژه‌های کلیدی: ذخیره رطوبت، راهکار مدیریتی، روش کشاورزی، شرایط بومی

مقدمه

کشاورزی حفاظتی راهکاری پایدار برای دسترسی به نیازهای غذایی آینده است. روش‌های کشاورزی حفاظتی می‌تواند موجب ایجاد کارآیی در مواد اولیه، افزایش درآمد از مزرعه، بهبود شرایط پایدار تولید محصول و موجب حفظ و بازسازی مجدد خاک، تنوع زیستی و منابع زیربنایی طبیعی شود. خاک‌ورزی حفاظتی روشی برای مدیریت خشکسالی در راستای نگهداری آب در زمین و همچنین کاهش هزینه‌های تولید در کشاورزی و افزایش مواد آلی خاک است. شیوه‌های سنتی آماده‌سازی خاک و تکنیک‌های مدیریت علف‌های هرز و روش‌های دیگر، نه تنها موجب تخریب ساختار طبیعی خاک شده، بلکه باعث از بین رفتن مواد غذایی و تبخیر فرآیند زیستی و

۱- دانشیار، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۳- استادیار سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، تهران، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: m.sharifi@ut.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v13i2.81534

فشردگی و کاهش رطوبت خاک می‌شود (Khan et al., 2017).

استفاده از گاوآهن برگردان‌دار علاوه‌بر مصرف انرژی زیاد، به‌دلیل زیر و رو کردن مداوم خاک موجب اتلاف رطوبت، تسریع اکسیداسیون مواد آلی و تخریب ساختمان خاک می‌گردد. علاوه‌براین، اجرای خاک‌ورزی با این نوع گاو آهن باعث خواهد شدکه تمام بقایای گیاهی وارد خاک شده و از دسترس خارج شود و در نتیجه، خاک در معرض فرسایش شدید آبی و خاکی قرار گیرد. برای برخورد و جلوگیری از چنین وضعیتی در بسیاری از کشورهای دنیا خاک‌ورزی حفاظتی به‌عنوان یک راهکار پایدار و مؤثر مورد توجه محققان قرار گرفته است (Loghmani et al., 2009).

در پژوهشی اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی شامل خاک‌ورزی مرسوم، کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی بر خصوصیات خاک، مصرف سوخت، زمان موردنیاز عملیات خاک‌ورزی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که خاک‌ورزی حفاظتی باعث صرفه‌جویی ۷۷ درصدی در مصرف سوخت و ۸۴ درصدی زمان موردنیاز عملیات خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم می‌شود (Afzalinia et al., 2009).

طبق تحقیقات، حدود۶۰ درصد از کل انرژی مورد مصرف در کشاورزی مکانیزه مربوط به عملیات خاک‌ورزی می‌باشد (Sardar et al., 2015). دقت در نوع استفاده از ادوات و مراتب ورود به مزرعه برای هر نوع از ادوات خاک‌ورزی دارای اهمیت بالایی است (Larney et al., 2017).

عملیات خاک‌ورزی سهم قابل توجهی در مقدار انرژی ورودی به یک سامانه تولید محصولات زراعی دارد. کاهش عملیات خاک‌ورزی به‌نحوی که اهداف خاک‌ورزی را برآورده ساخته و ضمن جلوگیری از فرسایش و تخریب ساختمان خاک، زمان و انرژی مورد نیاز جهت تهیه بستر بذر را کاهش دهد، از جمله اهداف کشاورزی پایدار می‌باشد. در این راستا ادوات خاک‌ورزی باید به‌گونه‌ای انتخاب شوند که ضمن مصرف حداقل انرژی، شرایط مناسب جهت جوانه‌زنی و رشد ریشه را در حد مطلوب فراهم آورند. نتایج مطالعه روی تأثیر کاهش خاک‌ورزی بر انرژی مصرفی در تولید ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L.)، با اعمال سه روش مختلف خاک‌ورزی تهیه بستر بذر (گاوآهن برگردان‌دار + دو بار دیسک، گاوآهن قلمی + دو بار دیسک و دیسک + دیسک) نشان داد که روش‌های مختلف تهیه بستر بذر از نظر کل انرژی ورودی به مزرعه دارای اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد بودند، به‌طوری‌که استفاده از روش خاک‌ورزی بدون استفاده از گاوآهن برگردان‌دار و کم‌خاک‌ورزی در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم باعث ذخیره انرژی در قالب سوخت و عملیات ماشینی گردید. روش‌های مختلف تهیه بستر بذر از نظر کل انرژی خروجی از مزرعه تفاوت معنی‌دار آماری نشان ندادند. همچنین بیشترین و کمترین عملکرد دانه به‌ترتیب به خاک‌ورزی مرسوم و حداقل خاک‌ورزی اختصاص داشت. (Loghmani et al., 2009).

روش مناسب خاک‌ورزی با توجه به نوع خاک و شرایط اقلیمی، می‌تواند در دستیابی به شرایط آبی مناسب در خاک مؤثر باشد. زمانی که خاک با محدودیت تهیه آب روبه‌رو است، خاک‌ورزی، با هدف به حداکثر رساندن حفظ رطوبت خاک انجام می‌شود (Nabavi-Pelesaraei et al., 2016). در مناطق دیم، کم‌خاک‌ورزی در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم عملکرد غلات ریزدانه را افزایش می‌دهد.

در مطالعه‌ای روی بررسی اثر تیمارهای خاک‌ورزی (خاک‌ورزی مرسوم (دیسک‌زنی در بهار)، حداقل خاک‌ورزی (ریشه‌بر کردن در بهار و بی‌خاک‌ورزی)) در کشت گندم بهاره (*Triticum aestivum* L.) در تناوب گندم زمستانه–آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) مشخص شد که رطوبت ذخیره شده در بین تیمارها معنی‌دار نبود، امّا رطوبت ذخیره شده در تیمار بی‌خاک‌ورزی از تیمارهای دیگر بیشتر بود (Eskandari et al., 2016). حفظ بقایای گیاهی باعث افزایش ذخیره رطوبت در خاک می‌گردد. همه محققین در مورد مزایای سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی، اتفاق نظر دارند و در توصیه خاک‌ورزی حفاظتی به بخش کشاورزی، اختلاف نظر کمی دارند. گرچه برخی معتقدند که در افزایش درآمد، ممکن است اندکی زیاده‌روی شده باشد (Zhang et al., 2016).

خاک‌ورزی و کاشت، عملیات اصلی در یک سامانه تولید محصول می‌باشد که عملکرد محصول، کیفیت خاک و انرژی ورودی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به‌منظور بررسی پایداری در تولید محصولات کشاورزی، لازم است که مصرف انرژی با توجه به شاخص‌هایی از قبیل شاخص‌های اقتصادی مورد توجه قرار گیرد (Unakitan et al., 2010). یکی از اهداف اساسی هر بخش تولیدی از قبیل بخش کشاورزی، افزایش تولید و کاهش هزینه‌ها می‌باشد. لذا تعیین شاخص‌های اقتصادی در هر نظام تولیدی از طریق تعیین هزینه‌های تولید و درآمد بر اساس عملکرد محصول و همچنین تعیین نسبت سود به هزینه حائز اهمیت می‌باشد (Erdal et al., 2007).

در پژوهش حاضر، شاخص‌های انرژی و بازدهی اقتصادی برای سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی مختلف با رویکرد عملکرد محصول گندم در شرایط بومی کشت و صنعت دشت ناز ساری بررسی و مقایسه گردید.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ برای کشت محصول گندم (*Triticum aestivum* L.) رقم میلان انجام گرفت، که از بازار محلی خریداری شده بود. کشت گندم در قطعه ۱۶ جنوبی کشت و صنعت دشت ناز در شهرستان میاندورود ('۴۰ °۳۶ عرض شمالی و '۱۰ °۵۳ طول شرقی) با بافت خاک سیلتی-رسی شامل ۵۱٪ رس، ۴۲٪ سیلت، ۷٪ شن انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در پنج تیمار و سه تکرار طراحی شد.

تیمارهای مورد بررسی شامل خاک‌ورزی مرسوم (CT)، بی‌خاک‌ورزی و بدون بقایا (NT)، کم‌خاک‌ورزی با استفاده از کمبینات (MTCO)، کم‌خاک‌ورزی با کارنده بدون خاک‌ورزی (MTNT)، بی‌خاک‌ورزی و با بقایا (NTR) بود که هر یک در سه تکرار اندازه‌گیری شد. در این تحقیق تیمارهای بی‌خاک‌ورزی شامل کشت گندم با دستگاه کاشت مستقیم SEMEATO NO TILL SHM (11/13) در بقایای محصول قبل (سویا (*Glycine max* L.) رقم ساری) و همچنین زمین بدون بقایا بود. کاشت گندم در بقایای سویا به این گونه بود که بعد از برداشت سویا در سال قبل، بدون آتش زدن بقایای سویا و یا از بین بردن آن، به‌طوری که ۳۰ درصد بقایای سویا روی سطح خاک باقی بماند، فرآیند کاشت انجام شد. هر ردیف کشت به‌طول ۳۵ متر بود که به‌میزان چهار متر از هم فاصله داشتند. همچنین میزان عملکرد دانه در سطح یک هکتار اندازه‌گیری و تعیین گردید.

محاسبه شاخص‌های انرژی

با توجه به اینکه هدف بررسی تفاوت مصرف انرژی در سامانه‌های مختلف ماشینی بوده است، لذا تمامی نهاده‌ها از جمله کود، بذر، سم و میزان آبیاری و غیره به‌جز ماشین‌ها و سوخت دیزل مصرفی برای تمامی تیمارها یکسان بوده، اختلاف ایجاد شده حاصل تفاوت استفاده از انرژی در بخش ماشین‌ها می‌باشد.

برای تعیین میزان انرژی معادل نهاده‌های مورد استفاده در این مطالعه و ستانده از ضرایب انرژی متناظر با هر یک استفاده شد. ضرایب انرژی برای نهاده‌ها و ستانده در جدول ۱ ارائه شده‌اند. بنابراین انرژی معادل هر یک از نهاده‌ها از ضرب میزان مصرف هر یک از آن‌ها در ضریب انرژی ویژه آن نهاده طبق معادله ۱ به‌دست می‌آید.

$$E_{input} = I_{consumption} \times ec_{input} \qquad \text{(۱) معادله}$$

در این معادله، E_{input}: انرژی معادل نهاده‌های مصرفی برحسب مگاژول، $I_{consumption}$: میزان نهاده مصرفی (نیروی انسانی، سوخت فسیلی، الکتریسیته و ...) برحسب واحد آن و ec_{input}: محتوای انرژی نهاده برحسب مگاژول بر واحد می‌باشد.

محاسبه انرژی ماشین‌ها و ادوات

انرژی را می‌توان به دو بخش انرژی ورودی و خروجی تقسیم‌بندی نمود. انرژی مصرفی برای تولید کشاورزی نیز شامل دو بخش انرژی مستقیم و انرژی غیرمستقیم می‌باشد. مصرف مستقیم انرژی در تولید گندم شامل سوخت مورد نیاز تراکتورها (گازوئیل) عمدتاً جهت آماده کردن زمین، کاشت، داشت، برداشت و حمل و نقل، نیروی برق، سوخت الکتریسیته جهت پمپ‌های آبیاری و کار کارگری (نیروی انسانی) جهت انجام کلیه عملیات زراعی می‌باشد. مصرف غیرمستقیم انرژی در تولید گندم شامل انرژی مصرفی جهت ساخت و حمل و نقل کودهای شیمیایی، انرژی مورد نیاز برای تولید و حمل و نقل سموم شیمیایی همچون علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها، انرژی مورد نیاز به‌منظور ساخت، تعمیر و نگهداری ادوات و ماشین‌های کشاورزی و انرژی موجود در بذر گندم می‌باشد (Tipi et al., 2009). بنابراین، با توجه به مطالب فوق، مبنای محاسبات در این تحقیق به دو شکل انرژی‌های ورودی مستقیم و غیرمستقیم انجام شد و در نهایت، انرژی خروجی محصول (دانه گندم) محاسبه گردید. شاخص‌های انرژی محاسبه شده در این مطالعه با استفاده از معادله‌های ۲ تا ۴ تعیین شد (Mobtaker et al., 2010).

جدول ۱- ضرایب انرژی برای نهاده‌ها و ستانده‌ها

Table 1- Energy coefficients for inputs and outputs

عنوان Title	واحد Unit	انرژی معادل Energy equivalents (MJ.unit^{-1})
نیروی انسانی Manpower	hr	1.96
ماشین‌ها وادوات Machinery and implements	hr	62.7
کمباین Combine harvester	hr	83.5
سوخت Fuel		
گازوئیل Gasoline	L	56.31
الکتریسیته Electricity	kWh	11.93
کود Fertilizer		
پتاسیم Potassium	kg	11.15
نیتروژن N	kg	66.14
فسفات Phosphate	kg	12.44
کود مایع Liquid fertilizer	L	102
سموم Poisons		
حشره‌کش Insecticide	L	120
علف‌کش Herbicide	L	85
قارچ‌کش Fungicide	L	115
بذر Seed		
گندم Wheat	kg	14.48
ستانده Output		
دانه Seed	kg	14.48

$$\text{نسبت انرژی} = \frac{\text{انرژی ستانده } (MJ.ha^{-1})}{\text{انرژی نهاده } (MJ.ha^{-1})} \quad \text{معادله (۲)}$$

$$\text{بهره وری انرژی} = \frac{\text{ستانده } (kg.ha^{-1})}{\text{انرژی نهاده } (MJ.ha^{-1})} \quad \text{معادله (۳)}$$

$$\text{انرژی ویژه} = \frac{\text{انرژی نهاده } (MJ.ha^{-1})}{\text{ستانده } (kg.ha^{-1})} \quad \text{معادله (۴)}$$

محاسبه شاخص‌های اقتصادی

در این پژوهش، شاخص‌های اقتصادی سود ناخالص[1] (GR)، نسبت سود به هزینه[2] (BCR) و بهره‌وری اقتصادی[3] (P) مورد بررسی قرار گرفتند (معادله‌های ۵ تا ۷). سود ناخالص با کم کردن هزینه

1- Gross profit
2- Income to cost
3- Economic efficiency

متغیر و سود خالص با کم کردن کل هزینه تولید از درآمد به‌ازای هر هکتار محاسبه شد. نسبت سود به هزینه و بهره‌وری اقتصادی به‌ترتیب از تقسیم درآمد و عملکرد بر کل هزینه تولید در واحد هکتار محاسبه می‌گردد. با توجه به نرخ تضمینی فروش گندم به‌ازای هر کیلوگرم، بهای گندم تولیدی در مقیاس یک هکتار محاسبه شد. با توجه به هزینه انجام شده برای هر تیمار و میانگین عملکرد گندم به‌دست آمده از هر تیمار در یک هکتار، قیمت تمام شده هر کیلوگرم گندم تولیدی برای هر سامانه به‌دست آمد. تقسیم سود ناویژه به درآمد حاصل از هر تیمار ضرب در ۱۰۰، درصد سود ناویژه به فروش را نشان می‌دهد. این شاخص کاربردی درصد سود حاصل از هر سامانه را به‌خوبی نشان می‌دهد (Pishgar-Komleh et al., 2012).

معادله (۵) GR = ($.ha⁻¹) درآمد − ($.ha⁻¹) هزینه متغیر

معادله (۶) BCR = ($.ha⁻¹) درآمد / ($.ha⁻¹) هزینه کل

معادله (۷) P = (kg.ha⁻¹) عملکرد / ($.ha⁻¹) هزینه کل

تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS ۹،۱ و مقایسه میانگین با آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد و تحلیل‌های مربوط به بخش‌های انرژی و اقتصادی با نرم‌افزار Excel ۲۰۱۳ انجام شد.

نتایج و بحث

تحلیل مصرف انرژی

میانگین انرژی نهاده و ستانده برای کشت گندم در جدول ۲ آمده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، در بین پنج تیمار مرسوم، بی‌خاک‌ورزی بدون بقایا، کم‌خاک‌ورزی با کارنده کمبینات، کم‌خاک‌ورزی با کارنده بدون خاک‌ورزی، بی‌خاک‌ورزی با بقایا، تیمار مرسوم بیشترین انرژی مصرفی را داشته است. با توجه به اینکه هدف این تحقیق بررسی تفاوت مصرف انرژی در سامانه‌های مختلف ماشینی بوده است. لذا، تمامی نهاده‌ها از جمله کود، بذر، سم و میزان آبیاری و غیره به‌جز ماشین‌ها و سوخت دیزل مصرفی برای تمامی تیمارها یکسان بوده، اختلاف ایجاد شده حاصل تفاوت استفاده از انرژی در بخش ماشین‌ها می‌باشد. در کشت مرسوم استفاده از گاوآهن و دوبار دیسک بیشتر، نسبت به سایر تیمارها خود عامل واضحی برای مصرف بیشتر انرژی می‌باشد. این در حالی است که مصرف سوخت دیزل پس از نیتروژن در تمام تیمارها بیشترین سهم مصرف انرژی را به خود اختصاص داده است. تیمار مرسوم علاوه‌بر مصرف سوخت بیشتر به‌علت تعدد عبور ماشین از مزرعه، با سهم بیشتری از انرژی غیرمستقیم ماشین‌ها مواجه است.

در حالی که تیمار مرسوم بیشترین مصرف انرژی سوخت دیزل را به خود اختصاص داده، تیمار بی‌خاک‌ورزی با بقایا کمترین مصرف را داشته است. انرژی مصرفی تیمارهای بی‌خاک‌ورزی بابقایا، کم‌خاک‌ورزی با کاشت بدون خاک‌ورزی، کم‌خاک‌ورزی-کمبینات کاشت، بی‌خاک‌ورزی بدون بقایا و مرسوم به‌ترتیب ۲۱۹۶۰/۵۷، ۲۳۳۲۷/۳۸، ۲۳۳۲۸/۹۲، ۲۲۲۹۶/۲۴، ۲۴۹۲۸/۲۱ مگاژول در هکتار محاسبه شده است که در این بین سامانه بی‌خاک‌ورزی بابقایا کمترین و سامانه مرسوم بیشترین مصرف انرژی را به خود اختصاص دادند.

تحلیل شاخص‌های انرژی

جدول ۳ شاخص‌های نسبت، بهره‌وری و شدت انرژی، انرژی مستقیم و غیرمستقیم، انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر و انرژی سامانه‌ها، شامل انرژی غیرمستقیم ماشین، نیروی انسانی و انرژی مستقیم سوخت مصرفی ماشین‌ها مورد استفاده در هر سامانه، در تولید گندم در سامانه‌های بی‌خاک‌ورزی بابقایا، کم‌خاک‌ورزی با کارنده بدون خاک‌ورزی، کم‌خاک‌ورزی-کمبینات کاشت، بی‌خاک‌ورزی بدون بقایا و مرسوم را نشان می‌دهد.

همچنین مقایسه انرژی ورودی شامل انرژی مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در تولید گندم دشت ناز در شکل ۱ ارائه شده است. انرژی‌های مستقیم شامل انرژی نهاده‌های سوخت دیزل، نیروی کارگری، الکتریسیته می‌باشد، درحالی‌که انرژی‌های غیرمستقیم شامل انرژی بذر، کود شیمیایی و انرژی ماشین می‌شود. همچنین منابع انرژی تجدیدپذیر در تولید گندم شامل نیروی کارگری و بذر است، درحالی‌که سایر نهاده‌ها به‌عنوان منابع انرژی تجدیدناپذیر شناخته می‌شوند (Heidari & Omid, 2011).

شاخص ابداعی انرژی سامانه‌ها برای نشان دادن بهتر تفاوت مصرف انرژی در سامانه‌ها که شامل انرژی حاصل از سوخت دیزل، انرژی غیرمستقیم ماشین و نیروی انسانی می‌باشد، در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج محاسبات انجام شده در تحقیق انجام شده در کشت و صنعت دشت ناز ساری نشان داد که بیش‌ترین میزان نسبت انرژی و بهره‌وری انرژی مربوط به تولید گندم هنگامی است که سامانه‌های کم‌خاک‌ورزی با کارنده کمبینات و کم‌خاک‌ورزی با کارنده بدون خاک‌ورزی استفاده شود، به‌طوری‌که نسبت انرژی ستانده به انرژی نهاده در سامانه‌های سامانه کم‌خاک‌ورزی با کارنده کمبینات و سامانه

کم‌خاک‌ورزی با کارنده بدون خاک‌ورزی به‌ترتیب برابر ۴/۵۸، ۴/۴۶ و برای سامانه‌های بی‌خاک‌ورزی با بقایا، بی‌خاک‌ورزی بـدون بقایـا و تیمار مرسوم به‌ترتیب ۳/۵۹، ۳/۵۶ و ۲/۸۳ به‌دست آمد.

جدول ۲- مقایسه میانگین انرژی نهاده‌ها و ستانده تحت تأثیر نظام‌های خاک‌ورزی در کشت گندم

Table 2– Mean comparisons for energy inputs and outputs affected as tillage systems in wheat cultivation

عنوان **Title (unit)**	خاک‌ورزی مرسوم **Conventional tillage) (MJ.ha^{-1}**	بی‌خاک‌ورزی بی بقایا **No tillage and no plant remnants) (MJ.ha^{-1}**	کم‌خاک‌ورزی کمبینات **Minimum tillage using combinate (MJ.ha^{-1})**	کم‌خاک‌ورزی با کارنده بدون خاک‌ورزی **Minimum tillage using no tillage planting machine (MJ.ha^{-1})**	بی‌خاک‌ورزی با بقایا **No tillage with plant remnants (MJ.ha^{-1})**
نیروی کارگری Human labor	29.68 a*	28.65 b	30.50 c	31.35 c	27.73 b
ماشین‌ها Machinery	380.18 a	252.90 b	314.97 c	341.93 d	226.25 e
سوخت دیزل Diesel fuel	6780.11a	4403.83 b	5310.42 c	5254.12 c	4122.28 d
سموم شیمیایی Chemical pesticides:					
علف‌کش، قارچ‌کش و حشره‌کش Herbicide, fungicidal and insecticidal	336 a	336 a	336 a	336 a	336 a
کودهای شیمیایی Chemical fertilizers					
نیتروژن (N) Nitrogen (N)	10807.93 a	10807.93 a	10807.93 a	10807.93 a	10807.93 a
فسفات (P_2O_5) Phosphate (P_2O_5)	1704.28 a	1704.28 a	1704.28 a	1704.28 a	1704.28 a
گوگرد (S) Sulfur (S)	32.52 a	32.52 a	32.52 a	32.52 a	32.52 a
پتاسیم (K_2O) Potassium (K_2O)	1115 a	1115 a	1115 a	1115 a	1115 a
کود مایع Liquid fertilizer	408 a	408 a	408 a	408 a	408 a
الکتریسیته Electricity	420.3 a	420.3 a	420.3 a	420.3 a	420.3 a
بذر Seed	2534 a	2534 a	2534 a	2534 a	2534 a
مجموع انرژی نهاده Total energy inputs	24928.21a	22296.24 b	23328.92 c	23327.38 c	21960.57 d
ستانده Output					
انرژی ستانده Output energy	70650 a	79481.25 b	106956.25 c	104208.75 d	78892.5 b

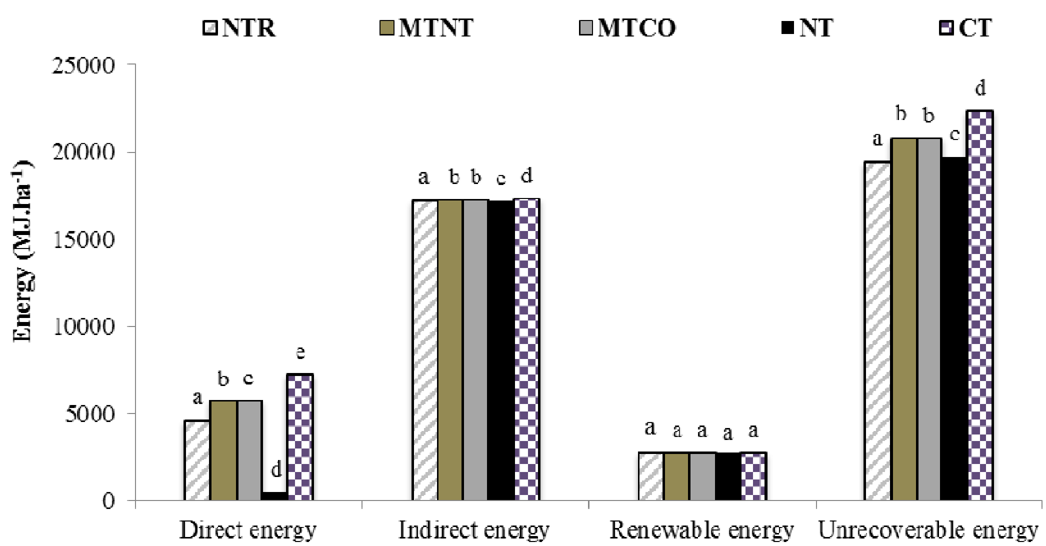
* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد نمی‌باشند.

* Means with the same letters are not significantly different at 1% level.

بر اساس مطالعات انجام شده، نسبت انرژی برای تولید محصولات کشاورزی برابر ۴/۸ برای پنبه، ۳/۸ برای ذرت، ۲/۸ برای گندم، ۱/۵ برای کنجد (Canakci et al., 2005) و ۲/۹ و ۲/۱۷ به‌ترتیب برای تولید کلزا و آفتابگردان در استان فارس (Sheikh-Davoodi & Houshyar, 2009) گزارش شده‌اند. این نتایج نشان می‌دهد، نسبت انرژی کشت مرسوم گندم در کشت و صنعت دشت ناز ساری مطابق با نتیجه تحقیقات انجام شده دیگر می‌باشد (Canakci et al., 2005).

بر اساس نتایج، کشت گندم با استفاده از سامانه‌های حفاظتی دارای نسبت انرژی بهتری نسبت به سامانه مرسوم همین کشت و صنعت می‌باشد. نتایج همچنین نشان داد که تولید گندم در روش مرسوم بیشترین شدت انرژی را داشته، درحالی‌که این شاخص برای تولید این محصول در روش سامانه کم‌خاک‌ورزی با کارنده کمبینات حداقل بوده است. این نتایج حکایت از این دارد که تولید یک کیلوگرم گندم در سامانه‌های مرسوم و سامانه کم‌خاک‌ورزی با کارنده کمبینات بیشترین و کمترین انرژی مصرفی را دارد.

از جمله راهکارهای مدیریتی برای کاهش استفاده از انرژی در این پژوهش می‌توان به بهینه‌سازی انرژی و مدیریت صحیح نهاده‌ها، بهبود کارایی مصرف کودها و سموم شیمیایی اشاره کرد (Strapatsa et al., 2006). همچنین با توجه به پایین بودن قیمت انرژی و پرداخت یارانه به مصرف‌کنندگان انرژی، سیاست‌های جدید دولت در جهت حذف یارانه‌های الکتریسیته، سوخت و کود شیمیایی، می‌تواند رشد بی‌رویه استفاده از نهاده‌ها را کاهش داده و بهره‌برداران را به‌سمت استفاده کاراتر از نهاده‌ها سوق دهد (Khoshroo et al., 2013; Mohammadi & Mehry, 2015).



شکل ۱- شاخص‌های انرژی مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در کشت گندم

Fig. 1- Indicators of direct, indirect, renewable and non-renewable energy in wheat cropping

CT: خاک‌ورزی مرسوم، NT: بی‌خاک‌ورزی و بدون بقایا، MTCO: کم‌خاک‌ورزی با استفاده از کمبینات، MTNT: کم‌خاک‌ورزی با کارنده بدون خاک‌ورزی، NTR: بی‌خاک‌ورزی و با بقایا. میانگین‌های با حروف مشابه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد نمی‌باشند

CT: Conventional tillage, NT: No tillage and no plant remnants, MTCO: Minimum tillage using combinate, MTNT: Minimum tillage using no tillage planting machine, NTR: No tillage with plant remnants. Means with the same letters are not significantly different at 1% level

جدول ۳- شاخص‌های انرژی سامانه‌های خاک‌ورزی در کشت گندم
Table 3- Energy indices of tillage systems in wheat cultivation

عنوان Title	واحد Unit	سامانه‌های خاک‌ورزی Tillage systems				
		خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage (MJ.ha^{-1})	بی‌خاک‌ورزی بی بقایا No tillage and no plant remnants (MJ.ha^{-1})	کم‌خاک‌ورزی کمبینات Minimum tillage using combinate (MJ.ha^{-1})	کم‌خاک‌ورزی با کارنده بدون خاک‌ورزی Minimum tillage using no tillage planting machine (MJ.ha^{-1})	بی‌خاک‌ورزی با بقایا No tillage with plant remnants (MJ.ha^{-1})
نسبت انرژی Energy ratio	-	2.83 [a*]	3.56 [b]	4.58 [c]	4.46 [d]	3.59 [b]
بهره‌وری انرژی Energy efficiency	kg.MJ^{-1}	0.18 [a]	0.227 [b]	0.292 [c]	0.284 [d]	0.228 [b]
شدت انرژی Intensity of energy	MJ.kg^{-1}	5.539 [a]	4.404 [b]	3.424 [c]	3.514 [c]	4.37 [b]
انرژی مستقیم Direct energy	GJ.ha^{-1}	7.23 [a]	4.85 [b]	5.76 [c]	5.70 [c]	4.57 [e]
انرژی غیرمستقیم Indirect energy	GJ.ha^{-1}	17.31[a]	17.19 [b]	17.25 [c]	17.27 [c]	17.16 [b]
انرژی تجدید پذیر Renewable energy	GJ.ha^{-1}	2.78 [a]	2.78 [a]	2.78 [a]	2.78 [a]	2.78 [a]
انرژی تجدیدناپذیر Unrecoverable energy	GJ.ha^{-1}	22.36 [a]	19.73 [b]	20.76 [c]	20.76 [c]	19.39 [d]
انرژی سامانه‌ها (ماشین، دیزل، انسانی) Energy Systems (Machinery, Diesel, Human	GJ.ha^{-1}	7.18 [a]	4.68 [b]	5.65 [c]	5.62 [c]	4.37 [d]

* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد نمی‌باشند.

* Means with the same letters are not significantly different at 1% level.

همان‌طور که نتایج در شکل ۱ نشان داده شد، انرژی تجدیدپذیر و غیرمستقیم در هر پنج سامانه مقادیر تقریباً یکسانی دارند، در حالی که انرژی مستقیم و تجدیدناپذیر سامانه مرسوم بیشترین مقدار و دو سامانه بی‌خاک‌ورزی کمترین مقدار را داشته است.

با توجه به جدول ۴ که نشان‌دهنده تجزیه واریانس عملکرد دانه گندم و انرژی ستانده در استفاده از سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی می‌باشد، اختلاف معنی‌داری بین عملکرد دانه و انرژی ستانده گندم در روش‌های مختلف خاک‌ورزی وجود دارد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، عملکرد گندم در استفاده از سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی مقدار آماره F برابر با ۷/۶۶ می‌باشد، که بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در روش‌های مختلف برداشت برای این شاخص می‌باشد. همچنین برای انرژی ستانده گندم در استفاده از سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی، اختلاف معنی‌داری در بین روش‌های مختلف وجود دارد.

شکل‌های ۲ و ۳ نتایج مقایسه میانگین عملکرد گندم و انرژی ستانده در تولید گندم با روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر اساس آزمون دانکن را به‌شکل نمودار نشان می‌دهند. مشاهده می‌شود که سامانه‌های سامانه کم‌خاک‌ورزی با کارنده کمبینات و سامانه کم‌خاک‌ورزی با کارنده بدون خاک‌ورزی نسبت به سایر سامانه‌ها در عملکرد تولید گندم و انرژی ستانده برتری دارند، همچنین این دو سامانه بر اساس آزمون دانکن، با سایر سامانه‌ها اختلاف معنی‌دار دارند، امّا بین این دو سامانه با یکدیگر اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. همچنین بین سه سامانه دیگر اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد.

همچنین در تحقیقی دیگر که چهار نوع مدیریت در مزارع گندم شامل دیم بدون خاک‌ورزی، دیم با خاک‌ورزی، آبی بدون خاک‌ورزی

و آبی با خاک‌ورزی در نظر گرفته شده بود، مقایسه متوسط عملکرد دانه نشان داد که بیشترین عملکرد مربوط به مدیریت کشت آبی بدون خاک‌ورزی و کمترین آن مربوط به کشت دیم با خاک‌ورزی بود (Kazemi et al., 2016). علت افزایش عملکرد در شرایط کم‌خاک‌ورزی را می‌توان به‌دلیل بیشتر بودن رطوبت موجود در خاک در روش کم‌خاک‌ورزی دانست. زیرا عملیات خاک‌ورزی، با تغییر در روش آماده‌سازی و شرایط خاک، بر رطوبت خاک و عملکرد محصول اثر مستقیم می‌گذارد (Shamabadi, 2013). در پژوهشی اثر خاک‌ورزی مرسوم و کم‌خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گندم برای کشت کلزا بررسی شد. نتایج نشان داد که وجود بقایا منجر به افزایش ماده آلی خاک شد. همچنین کم‌خاک‌ورزی با وجود بقایا موجب افزایش ۲۴ درصدی در عملکرد دانه نسبت به روش مرسوم بدون وجود بقایا شد (Abdullah, 2014).

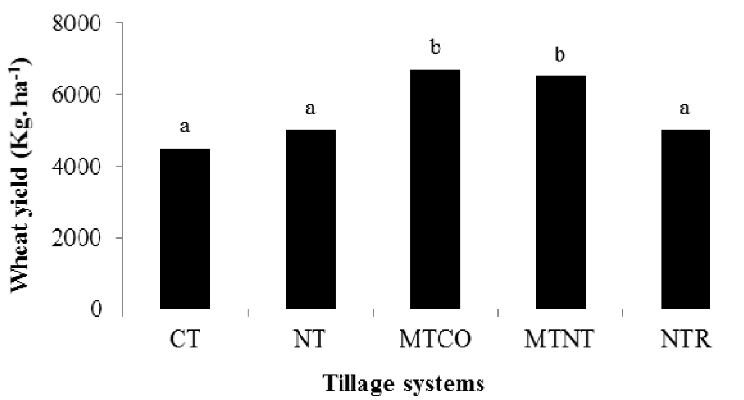
جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد دانه و انرژی ستانده گندم در استفاده از سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) of wheat seed yield and output energy in using different tillage systems

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	عملکرد دانه Seed yield	انرژی ستانده Output energy
سامانه‌های خاک‌ورزی Tillage systems	4	4375812.5**	1078594023**
خطا Erorr	12	570979.17	140740655
ضریب تغییرات CV (%)	-	13.47	13.47

** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و عدم معنی‌داری

** and ns: Significant at 1% of probability levels and not significant, respectively.

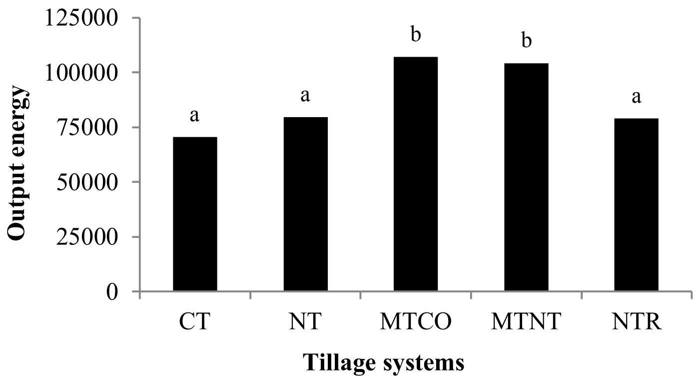


شکل ۲- مقایسه عملکرد دانه گندم در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی

Fig. 2- Mean comparisons for seed yield of wheat affected as different tillage systems

CT: خاک‌ورزی مرسوم ، NT: بی‌خاک‌ورزی و بدون بقایا ، MTCO: کم‌خاک‌ورزی با استفاده از کمبینات، MTNT: کم‌خاک‌ورزی با کارنده بدون خاک‌ورزی، NTR: بی‌خاک‌ورزی و با بقایا.
میانگین‌های با حروف مشابه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد نمی‌باشند.

CT: Conventional tillage, NT: No tillage and no plant remnants, MTCO: Minimum tillage using combinate, MTNT: Minimum tillage using no tillage planting machine, NTR: No tillage with plant remnants. Means with the same letters are not significantly different at 1% level



شکل ۳- مقایسه انرژی خروجی سامانه‌ها در نظام تولید گندم

Fig. 3- Comparison of the output energy of systems in wheat production system

CT: خاک‌ورزی مرسوم ، NT: بی‌خاک‌ورزی و بدون بقایا ، MTCO: کم‌خاک‌ورزی با استفاده از کمبینات، MTNT: کم‌خاک‌ورزی با کارنده بدون خاک‌ورزی، NTR: بی‌خاک‌ورزی و با بقایا.
میانگین‌های با حروف مشابه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد نمی‌باشند.

CT: Conventional tillage, NT: No tillage and no plant remnants, MTCO: Minimum tillage using combinate, MTNT: Minimum tillage using no tillage planting machine, NTR: No tillage with plant remnants. Means with the same letters are not significantly different at 1% level

تحلیل شاخص‌های اقتصادی

جدول ۵ بیانگر محاسبه شاخص‌های اقتصادی تولید گندم در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی می‌باشد. مطابق با نتایج مشاهده می‌گردد که سامانه MTCO از نظر اقتصادی بهترین وضعیت را نسبت به سایر سامانه‌های خاک‌ورزی از نظر شاخص‌های سود ناخالص، سود ناویژه و بهره‌وری دارا است، که به‌ترتیب ۵۹۵۷۹۱۱۰، ۴۸۷۶۴۰۹۰ ریال در هکتار و ۰/۰۰۰۲۳ کیلوگرم بر ریال به‌دست آمده‌اند. برای شاخص BCR نیز که بیانگر نسبت درآمد به هزینه کل یا همان سود-هزینه می‌باشد، نتایج مشابهی با سایر شاخص‌های بالا به‌دست آمده است، مقدار این شاخص برای سامانه MTCO، ۲/۶۴۸ حاصل شده است. هم‌چنین سامانه MTNT از نظر اقتصادی در شاخص‌های محاسبه‌شده با اختلاف کمی پس از سامانه MTCO وضعیت بهتری نسبت به سایر سامانه‌ها دارد. در شکل ۸ و ۹ اختلاف شاخص‌های سود ناخالص و سود ناویژه در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی نشان داده شده است.

این شکل‌ها نیز برتری سامانه MTCO را ملموس‌تر می‌کند. سامانه MTNT با ۲۰۵۰۰۰۰ ریال در هکتار، سود ناخالص و ناویژه کمتر از سامانه MTCO، نسبت به سایر سامانه‌ها در این دو شاخص برتری دارد. همچنین در این پژوهش با توجه به درآمد هر سامانه و هزینه کل صرف شده برای هر سامانه در واحد هکتار، شاخص سود به هزینه محاسبه شد. مقادیر این شاخص برای هر سامانه در جدول ۶ به‌تفصیل آمده است. سامانه MTCO با بیشترین عملکرد دانه گندم و هزینه کم برای نهاده‌ها به‌ویژه سوخت دیزل و ماشین و نیروی انسانی بیشترین بهره‌وری اقتصادی را در بین سامانه‌های خاک‌ورزی گندم داشته است. سامانه کم‌خاک‌ورزی با کارنده کمبینات با متوسط عملکرد ۶۸۱۲/۵ کیلوگرم در هکتار و با وجود اندک هزینه بیشتر نسبت به سامانه NTR، به‌دلیل چیرگی عملکرد بیشتر، بالاتر از سایر سامانه‌ها در این شاخص قرار گرفت.

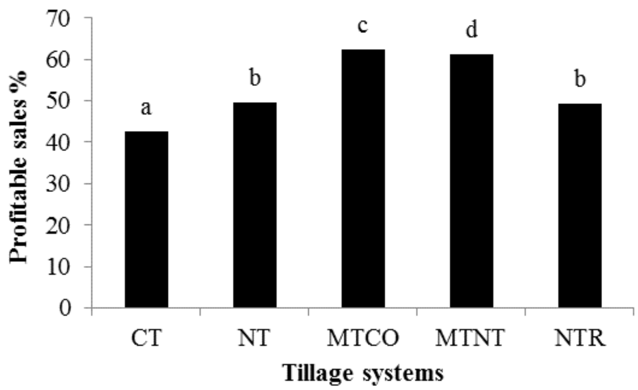
همان‌طور که جدول ۶ نشان می‌دهد، با توجه به نرخ تضمینی فروش گندم بر پایه ۱۱۵۰۰ ریال به‌ازای هر کیلوگرم، بهای گندم تولیدی هر تیمار مورد آزمایش در مقیاس یک هکتار محاسبه شد. با توجه به هزینه انجام شده برای هر تیمار و میانگین عملکرد گندم به‌دست آمده از هر تیمار در یک هکتار، قیمت تمام شده هر کیلوگرم گندم تولیدی برای هر سامانه به‌دست آمد و درصد سود ناویژه به فروش محاسبه شد که درصد سود حاصل از هر سامانه را به‌خوبی نشان می‌دهد (شکل ۷). همین‌طور نتایج نشان می‌دهد، بیشترین و کمترین بهای فروش متعلق به سامانه‌های MTCO و CT می‌باشد. قیمت تمام شده هر کیلوگرم گندم برای سامانه مرسوم ۶۶۱۰/۸ ریال به‌دست آمده که با در نظر گرفتن نرخ تضمینی فروش ۱۱۵۰۰ ریال برای هر کیلوگرم، به‌ازای هر کیلو ۴۴۸۰/۲ ریال سود عاید می‌شود، این در حالی است که این عدد برای سامانه MTCO، ۷۱۵۰/۸ ریال سود به‌ازای هرکیلوگرم به‌دست می‌آید.

جدول ۵- مقایسه میانگین شاخص‌های اقتصادی در سامانه‌های خاک‌ورزی در کشت گندم
Table 5- Mean comparisons for economic indicators in tillage systems in wheat cultivation

شاخص‌های اقتصادی Economic indicators	واحد Unit	سامانه‌های خاک‌ورزی Tillage systems				
		خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage ($MJ.ha^{-1}$)	بی‌خاک‌ورزی بی بقایا No tillage and no plant remnants ($MJ.ha^{-1}$)	کم‌خاک‌ورزی کمبینات Minimum tillage using combinate ($MJ.ha^{-1}$)	کم‌خاک‌ورزی با کارنده بدون خاک‌ورزی Minimum tillage using no tillage planting machine ($MJ.ha^{-1}$)	بی‌خاک‌ورزی با بقایا No tillage with plant remnants ($MJ.ha^{-1}$)
سود ناخالص Gross profit	$Rial.ha^{-1}$	30780690.70 a*	37610380.14 b	57579110.86 c	55527550.3 d	37283300.65 b
سود ناویژه Unprofitable profit	$Rial.ha^{-1}$	21965670.7 a	28795360.14 b	48764090.86 c	46712530.30 d	28468280.65 b
درآمد به هزینه کل Income to total cost	-	1.737 a	1.978 b	2.648 c	2.577 c	1.970 b
بهره‌وری اقتصادی Economic efficiency	$kg.Rial^{-1}$	0.00015 a	0.00017 a	0.00023 c	0.00022 c	0.00017 a

* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد نمی‌باشند.
* Means with the same letters are not significantly different at 1% level.

ادامه محاسبه این ارقام و مقایسه‌های بین سامانه‌ها نشان می‌دهد که شاخص درصد سود ناویژه به فروش بهتر می‌تواند اختلافات بین سامانه‌های مورد آزمایش را نمایان کند. سامانه‌های MTCO و MTNT با ۶۲/۲۴ و ۶۱/۱۹ درصد بیشترین درصد سود را برای کشت و صنعت خواهند داشت. این در حالی است که کشت و صنعت مذکور در سال ۹۷، گندم کاشته شده با سامانه CT حاصل از ۹۸۲ هکتار از اراضی خود را با قیمت ۱۱۵۰۰ریال به‌ازای هر کیلوگرم و با عملکرد حدود ۴۵۰۰ کیلوگرم در هکتار به فروش رسانده که در این حالت درصد سود ناویژه به فروش برای کشت و صنعت ۴۳ درصد محاسبه شده است. کما اینکه در مطالعه حاضر نیز برای تیمار مرسوم این آزمایش به همین نتایج رسیده شد. اختلاف ۲۰ درصدی این شاخص بین تیمارهای MTCO و MTNT با تیمار CT اختلاف قابل توجه و تأملی می‌باشد. با توجه به مقادیر به‌دست آمده برای شاخص‌های اقتصادی سامانه‌های حفاظتی در جدول ۵ و ۶ مشاهده می‌شود که سامانه‌های بی‌خاک‌ورزی نیز عملکرد خوبی در این شاخص‌ها داشته‌اند. در مجموع، سامانه‌های حفاظتی در شاخص‌های سود ناخالص، سود ناویژه، سود به هزینه، بهره‌وری، درصد سود ناویژه به فروش به‌ترتیب سامانه‌های MTCO، MTNT، NT، NTR و در آخر CT دارای مقادیر بیشینه تا کمینه این شاخص‌های اقتصادی می‌باشند.کاربرد روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی جهت حفاظت از خاک زراعی و کاهش مصرف سوخت که با حداقل کردن تردد ماشین در مزرعه حاصل می‌شود، علاوه‌بر مصرف بهینه سوخت‌های فسیلی باعث کاهش چشمگیر اثرات زیست‌محیطی حاصل از کشاورزی می‌شود. همچنین کاهش مصرف سوخت تأثیر مثبتی بر کاهش هزینه‌ها می‌گذارد. با توجه به اینکه در کشت و صنعت‌ها، هزینه انرژی سهم بزرگی از هزینه‌ها را شامل می‌شود، استفاده مؤثر از انرژی علاوه‌بر ذخیره منابع انرژی برای نسل‌های آینده به افزایش سودآوری نیز کمک شایانی می‌کند (Pishgar-Komleh et al., 2012).



شکل ۷- شاخص اقتصادی درصد سود ناویژه به فروش در کشت گندم

Fig. 7- The economic indicator of percentage of profitable sales in wheat crops

CT: خاک‌ورزی مرسوم، NT: بی‌خاک‌ورزی و بدون بقایا، MTCO: کم‌خاک‌ورزی با استفاده از کمبینات، MTNT: کم‌خاک‌ورزی با کارنده بدون خاک‌ورزی، NTR: بی‌خاک‌ورزی و با بقایا.

میانگین‌های با حروف مشابه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد نمی‌باشند.

CT: Conventional tillage, NT: No tillage and no plant remnants, MTCO: Minimum tillage using combinate, MTNT: Minimum tillage using no tillage planting machine, NTR: No tillage with plant remnants.
Means with the same letters are not significantly different at 1% level

جدول ٦- شاخص‌های اقتصادی کاربردی سامانه‌ها در کشت گندم

Table 6- Applied economic indicators of systems in wheat cultivation

	واحد Unit	خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage ($MJ.ha^{-1}$)	بی‌خاک‌ورزی بی بقایا No tillage and no plant remnants ($MJ.ha^{-1}$)	کم‌خاک‌ورزی کمبینات Minimum tillage using combinate ($MJ.ha^{-1}$)	کم‌خاک‌ورزی با کارنده بدون خاک‌ورزی Minimum tillage using no tillage planting machine ($MJ.ha^{-1}$)	بی‌خاک‌ورزی با بقایا No tillage with plant remnants ($MJ.ha^{-1}$)
بهای فروش Selling price	Rial/ha	51750000 a*	58218750 b	78343750 c	76331250 d	57787500 b
قیمت تمام شده هر کیلوگرم The finished price per kg	Rial/kg	6610.8 a	5810.2 b	4340.2 c	4460.2 d	5830.4 b
درصد سود ناویژه به فروش Percentage of profitable sales	%	42.44 a	49.46 b	62.24 c	61.19 c	49.26 b

* میانگین‌های با حروف مشابه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد نمی‌باشند.

* Means with the same letters are not significantly different at 1% level.

نتیجه‌گیری

در کشت گندم، سامانه MTCO، بالاترین عملکرد دانـه گنـدم و همچنین در بخش شاخص‌های انرژی، این سـامانه بـا مقـادیر ۴/۵۸ نسبت انرژی، ۰/۲۹ کیلوگرم بر مگاژول بهره‌وری انرژی و همچنین با ۳/۴۲ مگاژول بر کیلوگرم شدت انرژی بهترین سـامانه بـرای کشـت گندم از نظر شاخص‌های انرژی گزارش می‌شود.

سامانه NTR بـا مصـرف انـرژی مسـتقیم ۴۵۷۰ ، غیرمسـتقیم ۱۷۱۶۳، تجدیدپذیر ۲۵۶۱ و تجدیدناپذیر ۱۹۳۹۸ و همچنین انـرژی

سامانه‌ها ۴۳۷۶ مگاژول بر هکتار، در مجموع کم مصرف‌ترین سامانه از لحاظ انرژی بوده است، امّا دارای عملکرد پایین دانه گندم ۵۰۲۵ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. با نگاهی به مقادیر به‌دست آمده برای شاخص‌های اقتصادی سامانه‌های حفاظتی در کشت گندم، می‌توان دریافت، سامانه‌های NT و NTR در شاخص‌های سود به هزینه و بهره‌وری اقتصادی، به‌ترتیب با ۱۳/۸ و ۱۳/۴ درصد برتری نسبت به سامانه CT و همچنین به‌ترتیب با ۲۲ و ۲۱ درصد سود ناخالص بیشتر در مقایسه با سامانه CT، هر دو سامانه عملکرد قابل قبولی را در این شاخص‌ها از خود نشان دادند.

در بخش شاخص‌های اقتصادی با وجود هزینه تولید کمتر برای سامانه NTR، سامانه MTCO با ۲۶ درصد عملکرد و بهای فروش بالاتر و ۲۵/۵ درصد بهای تمام شده کمتر و همچنین ۳۵/۲ درصد سود ناخالص بیشتر نسبت به سامانه NTR، برتری دارد. سامانه MTCO از لحاظ شاخص‌های سود به هزینه و بهره‌وری اقتصادی نیز با اختلاف ۳۴/۴ درصد نسبت به سامانه CT، بهترین وضعیت را در بین پنج سامانه دارا می‌باشد. به‌طور کلی، برای همه شاخص‌های سود ناخالص، سود ناویژه، سود به هزینه، بهره‌وری، درصد سود ناویژه به فروش به‌ترتیب سامانه‌های MTCO، MTNT، NT، NTR و CT دارای مقادیر بیشینه تا کمینه می‌باشند. با این تفاسیر سامانه MTCO با برتری در شاخص‌های انرژی و اقتصادی، گزینه بهینه برای خاک‌ورزی و کاشت گندم در شرایط بومی کشت و صنعت دشت ناز ساری معرفی می‌شود.

References

Abdullah, A.S., 2014. Minimum tillage and residue management increase soil water content, soil organic matter and canola seed yield and seed oil content in the semiarid areas of Northern Iraq. Soil and Tillage Research 144: 150-155.

Afzalinia, S., Dehghanian, S.E., and Talati, M.H., 2009. Effect of conservation tillage on soil physical properties, fuel consumption, and wheat yield. 4th Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering, 1-3 October 2009. Rousse, Bulgaria.

Canakci, M., Topakci, M., Akinci, I., and Ozmerzi, A., 2005. Energy use pattern of some field crops and vegetable production: Case study for Antalya region, Turkey. Energy conversion and Management 46(4): 655-666.

Erdal, G., Esengün, K., Erdal, H., and Gündüz, O., 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy 32(1): 35-41.

Eskandari, I., Navid, H. and Rangzan, K., 2016. Evaluating spectral indices for determining conservation and conventional tillage systems in a vetch-wheat rotation. International Soil and Water Conservation Research 4(2): 93-98.

Heidari, M.D. and Omid, M., 2011. Energy use patterns and econometric models of major greenhouse vegetable productions in Iran. Energy 36: 220-225.

Kazemi, H., Alizadeh, P., and Nehbandani, A., 2016. Assessing energy flow in rainfed and irrigated wheat fields of Shahrekourd township under two tillage systems. Agroecology 8(2): 281-295. (In Persian with English Summary)

Khan, S., Shah, A., Nawaz, M., and Khan, M., 2017. Impact of different tillage practices on soil physical properties, nitrate leaching and yield attributes of maize (*Zea mays* L.). Journal of Soil Science and Plant Nutrition 17(1): 240-252.

Khoshroo, A., Mulwa, R., Emrouznejad, A., and Arabi, B., 2013. A non-parametric data envelopment analysis approach for improving energy efficiency of grape production. Energy 63: 189-194.

Larney, F.J., Lindwall, C.W., Izaurralde, R.C., and Moulin, A.P., 2017. Tillage systems for soil and water conservation on the Canadian prairie. In: Conservation tillage in temperate agroecosystems (305-328). CRC Press.

Loghmani, A., Asoudar, M., Nouriani, H., and Abrush, A., 2009. Effect of tillage systems and weed control on wheat yield in Dezful region. 2nd Regional congress of Agricultural Sciences and Food Technology. Islamic Azad University of Fasa Branch, Iran. 10 December 2009. (In Persian with English Summary)

Mobtaker, H.G., Keyhani, A., Mohammadi, A., Rafiee, S., and Akram, A., 2010. Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan Province of Iran. Agriculture, Ecosystems and Environment 137(3-4): 367-372.

Mohammadi, H, and Mehry, M., 2015. An analysis of improving energy use with data envelopment analysis in horticultural products in Yazd province: Case study pistahio. QEER. 2015; 11(46): 113-134.

Nabavi-Pelesaraei, A., Hosseinzadeh-Bandbafha, H., Qasemi-Kordkheili, P., Kouchaki-Penchah, H., and Riahi-Dorcheh, F., 2016. Applying optimization techniques to improve of energy efficiency and GHG (greenhouse gas) emissions of wheat production. Energy 103: 672-678.

Pishgar-Komleh, S.H., Keyhani, A., Mostofi-Sarkari, M.R. and Jafari, A., 2012. Energy and economic analysis of different seed corn harvesting systems in Iran. Energy 43(1): 469-476.

Sardar, M., Behdani, M., Eslami, V., and Mahmodi, S., 2015. The effect of soil disturbance methods and weeds control on the density and distribution of cotton's (*Gossypium hirsutum*) weeds after wheat. Agroecology 7(2): 254-266. (In Persian with English Summary)

Shamabadi, Z., 2012. Evaluating reduced tillage methods on energy productivity and rained wheat yield. Journal of Soil and Water Resources Conservation 1(3): 69-78. (In Persian with English Summary)

Shamabadi, Z., 2013. Investigation of minimum tillage methods on energy use efficiency and yield of dryland wheat. Journal of Soil and Water Resources Conservation 3: 69-77. (In Persian with English Summary)

Sheikh-Davoodi, M.J., and Houshyar, E., 2009. Energy consumption of canola and sunflower production in Iran. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences 6(4): 381-384.

Strapatsa, A.V., Nanos, G.D. and Tsatsarelis, C.A., 2006. Energy flow for integrated apple production in Greece. Agriculture, ecosystems & environment 116(3-4): 176-180.

Tipi, T., Çetin, B., and Vardar, A., 2009. An analysis of energy use and input costs for wheat production in Turkey. Journal of Food, Agriculture and Eenvironment 7(2): 352-356.

Unakitan, G., Hurma, H., and Yilmaz, F., 2010. An analysis of energy use efficiency of canola production in Turkey. Energy 35(9): 3623-3627.

Zhang, X.Q., Pu, C., Zhao, X., Xue, J.F., Zhang, R., Nie, Z.J., Chen, F., Lal, R., and Zhang, H.L., 2016. Tillage effects on carbon footprint and ecosystem services of climate regulation in a winter wheat–summer maize cropping system of the North China Plain. Ecological indicators 67: 821-829.

Journal of Agroecology
Vol. 13, No.2, Summer 2021, p. 195-210

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۳، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰، ص ۲۱۰-۱۹۵

Analysis of Economic and Energy Indicators in Different Methods of Protective Tillage in Wheat Cultivar (Case Study: Dasht-e Naz Sari Agro-Industrial Company)

M. Sharifi[1*], S. Soodmand-Moghaddam[2], M. Izadi[2] and R. Abbaszadeh[3]
Submitted: 28-06-2019
Accepted: 24-12-2019

Sharifi, M., Soodmand-Moghaddam, S., Izadi, M., and Abbaszadeh, R., 2021. Analysis of economic and energy indicators in different methods of protective tillage in wheat cultivar (Case study: Dasht-e Naz Sari agro-industrial company). Journal of Agroecology 13(2):195-210.

Introduction

Conservation agriculture is a powerful factor in accessing future food needs. Protective agricultural practices can preserve and regenerate soil. Conservation tillage is a method for managing droughts to maintain ground water, as well as reducing agricultural production costs and increasing soil organic matter. According to the research, about 60% of the mechanical energy used in mechanized agriculture is related to soil tillage operations. The precision of the use of field implements and logs is important for any kind of tillage equipment (Larney et al., 2017). Appropriate tillage methods, depending on the soil type and climatic conditions, can be effective in achieving suitable water conditions in the soil. When the soil is facing limited water supply, tillage is done to maximize soil moisture retention. Energy consumption analysis can show how to reduce energy input into the production system and increase energy efficiency. In order to deal with and prevent such a situation, conservation is considered as an effective solution in many countries of the world. One of the basic goals of each production sector, such as agriculture, is to increase production and reduce costs. Therefore, it is important to determine economic indicators by determining production costs and yield, as well as determining the ratio of profit to cost (Erdal et al., 2007). In this research, the energy and economic indices and seed yield for different protective tillage systems of wheat cultivation with wheat yield approach were compared.

Material and Methods

In this research, the state of energy consumption and economic efficiency of different tillage systems in native conditions of agricultural plain of Naz was investigated for wheat. Tillage systems included conventional tillage (CT), no tillage and no plant remnants (NT), minimum tillage using combinate (MTCO), minimum tillage using no tillage planting machine (MTNT), no tillage with plant remnants (NTR). The purpose of this study was to study the energy consumption and economic efficiency of different soil tillage systems in native conditions of Naz Sardinia plain.

Results and Discussion

In wheat cultivation, the MTCO system had the highest wheat grain yield and energy indices, the system with a ratio of 4.84 to 4.9% energy, to 29.9 kg.MJ^{-1} of energy efficiency, and to 3.42 MJ.kg^{-1} of intensity Energy is the best system for wheat cultivation in terms of energy indicators. The NTR system with direct energy consumption of 4570, indirect 17163, renewable 2561 and non-renewable 19398, as well as energy systems of 4376 MJ.ha^{-1}, in general, was the least energy-consuming system in terms of energy, but had a low yield of 5025 kg.ha^{-1} of wheat Should be. Looking at the obtained values for economic indicators of protective systems in

1. Associate Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

2. M.Sc. Student, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

3. Assistant Professor, Iranian Research Organization for Science and Technology (IROST), Tehran, Iran.

(*- Corresponding Author Email: m.sharifi@ut.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v13i2.81534

wheat cultivation, NT and NTR systems in profit and cost indicators and economic productivity are respectively 13.8 and 13.4% higher than the CT system, and also with 22 and 21% higher gross profit compared to the CT system, both showed acceptable yield for these indices. Also, in the Economic Indicators section, despite the lower cost of production for the NTR system, the MTCO system has 26% higher performance and higher sales prices and 25.5% lower than the NTR system and 35.2% more gross margin than the NTR system. MTCO system has the best status among 5 systems in terms of profit-to-cost and economic efficiency indices with 34.4% difference compared to CT system. In general, MTCO, MTNT, NT, NTR and CT systems are maximal to minimum for all gross profit, gross margin, profit-to-cost, profitability, and sales margins, respectively.

Conclusion

Eventually, the MTCO system, with its superiority in energy and economic indicators, was introduced as the optimal option for tillage and planting of wheat in the native conditions of the agricultural plains of Naz.

Keywords: Agricultural method; Management solution; Native conditions; Store moisture